

# CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESPACIAL DE PROBABILIDAD APLICADO A LA PRECIPITACIÓN DE LA ESPAÑA PENINSULAR Y BALEARES

Andrés CHAZARRA BERNABÉ, José Luis MARTÍN ALONSO, José Antonio LÓPEZ DÍAZ  
*Agencia Estatal de Meteorología*  
chazarra@inm.es, jlmalonso@inm.es, jalopez@inm.es

## RESUMEN

En esta comunicación se describe el estado actual del proyecto que se está desarrollando en el Área de Climatología Básica de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) consistente en la construcción y en la aplicación de un modelo espacial de probabilidad para la precipitación mensual basado en la distribución gamma. Se han calculado los parámetros de forma y escala, así como la probabilidad de precipitación nula, para el periodo 1971-2000 en unas 1600 estaciones de la España Peninsular y Baleares. Estos valores se han interpolado espacialmente para obtener campos en rejilla de los parámetros de la distribución que permitirán estimar en cualquier punto la función de distribución de la precipitación mensual.

**Palabras clave:** Distribución Gamma, Precipitación Mensual, Parámetro de Escala, Parámetro de Forma, Probabilidad de Precipitación Nula, Sistemas de Información Geográfica, Interpolación Espacial.

## ABSTRACT

This communication describes the present state in the development of a project in the Basic Climatology Area of the AEMET aiming at constructing and applying a spatial probabilistic model for monthly precipitation based on the gamma distribution. Shape and scale parameters of the distribution, as well as the probability of null precipitation, have been computed for the 1971-2000 period on around 1600 stations over peninsular Spain and Balearic Islands. These parameters have been interpolated in order to get grid fields that will allow the estimation on arbitrary points of the monthly precipitation distribution.

**Key words:** Gamma Distribution, Monthly Precipitation, Scale Parameter, Shape Parameter, Null Precipitation Probability, Geographic Information Systems, Spatial Interpolation.

## 1. INTRODUCCIÓN

Los métodos empleados en Climatología para el análisis y la descripción de la precipitación suelen estar basados en la distribución normal, siendo habitual emplear el porcentaje de la precipitación respecto del valor medio de un periodo de referencia como medida para evaluar el carácter de la precipitación en un intervalo de tiempo determinado (un mes o un año generalmente).

La utilización de modelos basados en la distribución normal tienen la ventaja de su sencillez y de su facilidad de interpretación estadística; sin embargo, su aplicación para el caso de la precipitación acumulada solo está realmente justificada para zonas geográficas y periodos de tiempo en los que el valor medio de la precipitación está lejos del origen y la distribución empírica presenta una forma aproximadamente simétrica (THOM, 1966). En gran parte del territorio peninsular español la irregularidad y la abundancia de periodos de precipitación nula característicos del clima mediterráneo tienen como consecuencia distribuciones empíricas asimétricas, por lo que al emplear clasificaciones de la precipitación basados en la distribución normal se obtiene el poco realista resultado de que la mayoría de los meses y años son secos al compararlos con la serie del periodo de referencia.

En el presente trabajo se describe el método que actualmente se encuentra en desarrollo en el Área de Climatología Básica de la Agencia Estatal de Meteorología para caracterizar la precipitación y que tiene un doble objetivo: por una parte, emplear la distribución gamma en lugar de la distribución normal para conseguir una descripción más precisa de los periodos secos y húmedos, y por otra parte obtener campos en rejilla con una resolución de 1 km de los parámetros de la distribución gamma para la precipitación mensual mediante la interpolación de los parámetros estimados en las estaciones de medida, de forma que sea posible reconstruir la función de distribución de la precipitación en cualquier punto del territorio español, independientemente de la localización de las estaciones de medida. Esto permitirá estimar el percentil correspondiente según una distribución gamma incluso en las estaciones con series de datos demasiado cortas para poder hacer un ajuste fiable de la función de distribución.

## **2. METODOLOGÍA Y RESULTADOS**

### **2. 1. Datos empleados**

El primer paso consistió en la selección de las series de datos a emplear en el proyecto. Se eligió el periodo 1971-2000 como periodo de referencia, y se seleccionaron inicialmente las estaciones del territorio peninsular español y Baleares con al menos veinte años de datos en el periodo de referencia, resultando unas 1600 estaciones. Las variables a analizar serían las precipitaciones acumuladas en cada uno de los doce meses del año.

Está pendiente actualmente el relleno de las lagunas de las series incompletas. Este paso parece especialmente delicado debido a que los ensayos preeliminares han puesto de manifiesto la gran sensibilidad existente en los parámetros de escala y de forma de la distribución gamma frente a pequeñas variaciones de los datos del extremo inferior de la distribución, de manera que la eliminación o la inclusión de un solo dato de esta zona puede producir cambios significativos en los valores de dichos parámetros. Por esta misma razón parece que hay que descartar el fijar un umbral bajo de precipitación y estimar los parámetros sólo para valores por encima del mismo, lo que facilitaría el relleno de lagunas. La fuerte dependencia del parámetro de forma con relación a los valores más bajos de la muestra conduciría a una modificación arbitraria de dicho parámetro si se trunca la muestra por abajo. Esta característica está siendo estudiada actualmente con detalle y los resultados seguramente serán objeto de posteriores publicaciones.

## 2. 2. Ajuste de las series a la distribución gamma

Para realizar el ajuste de las series mensuales de precipitación se separaron los datos de precipitación nula de cada serie, a partir de los cuales se obtuvo la probabilidad de precipitación nula en cada mes. Con el resto de los valores (no nulos) se realizó un ajuste para obtener los parámetros de escala y de forma correspondientes a la distribución gamma, de manera que la función de densidad para la precipitación mensual vendrá definida por la expresión

$$f(x; \alpha, \beta) = x^{\alpha-1} \frac{e^{-x/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \quad \text{para } x > 0 \text{ y } \alpha, \beta > 0$$

siendo  $\alpha$  y  $\beta$  los parámetros de forma y de escala respectivamente.

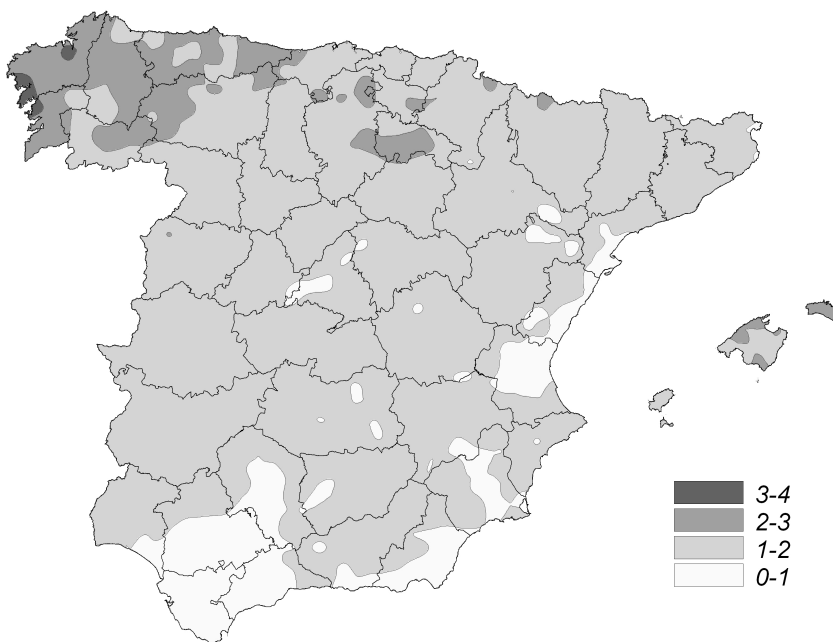


Fig. 1: Parámetro de forma para la precipitación acumulada en octubre obtenida mediante interpolación *multilevel b-spline*

## 2. 3. Interpolación espacial de los parámetros de la distribución

El siguiente paso consistió en la interpolación espacial de la probabilidad de precipitación nula y de los parámetros de escala y de forma para cada uno de los meses. Debido a que en el estado actual del proyecto aún está pendiente de realizarse el relleno de lagunas y el posterior cálculo definitivo de los parámetros, los resultados aquí mostrados deben considerarse como provisionales, tratándose de pruebas para comprobar la viabilidad del método y para definir el diseño definitivo de los distintos pasos del proyecto.

Los parámetros de forma y de escala de la distribución gamma no son independientes sino que se encuentran relacionados por la expresión

$$\alpha\beta = p$$

en la que  $p$  es la precipitación media del periodo considerado. Al representar espacialmente los valores de los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  obtenidos en las 1600 estaciones seleccionadas se observó que existe para la mayoría de los meses del año una relación evidente entre el parámetro de escala y el relieve del terreno, mientras que el parámetro de forma tiende a ser localmente más uniforme y relativamente independiente del relieve, variando más a escala regional que local, como cabía esperar. Por este motivo, se optó por aplicar métodos de interpolación espacial convencionales para interpolar el parámetro de forma, y buscar métodos más sofisticados de interpolación que incluyeran variables adicionales como la altitud para el parámetro de escala.

Se probaron diferentes métodos de interpolación para el parámetro de forma como el krigeado ordinario, la inversa de la distancia o diversas técnicas de *splines*. Los resultados obtenidos con estos métodos presentan un buen aspecto en general (Fig.1), si bien aún no se ha elegido el método que se utilizará finalmente, estando a la espera de que finalice el relleno de las lagunas de las series de datos y se pueda hacer la validación definitiva.

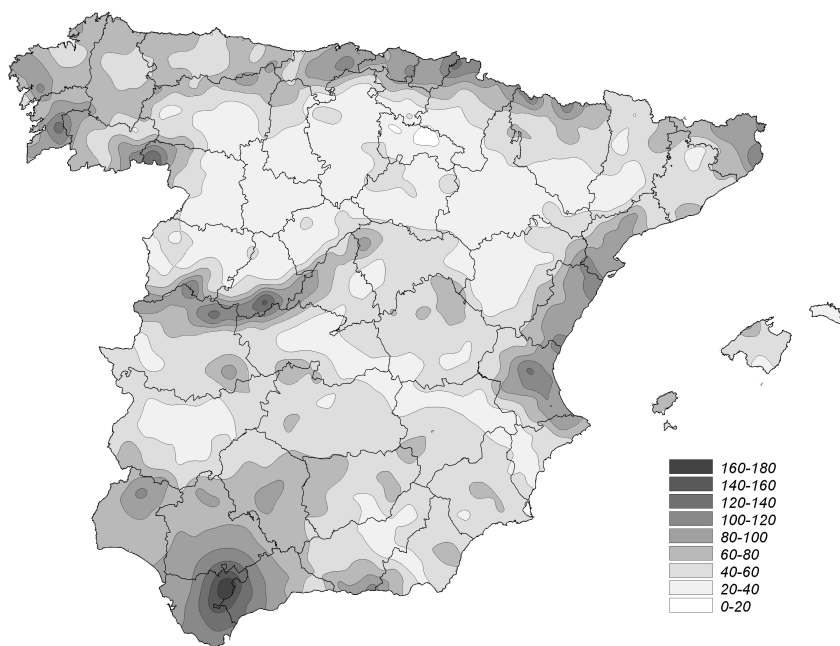


Fig. 2: Parámetro de escala para la precipitación acumulada en octubre obtenido por cociente entre los campos de precipitación media y del parámetro de forma para dicho mes

Por otra parte, en el Instituto Nacional de Meteorología se habían obtenido con anterioridad campos en rejilla con una resolución de 1 km de las precipitaciones mensuales medias para el periodo 1971-2000 aplicando métodos de regresión múltiple con interpolación de los residuos mediante krigeado ordinario, que se utilizaron para elaborar los mapas que se encuentran

publicados en el Atlas Nacional de España del Instituto Geográfico Nacional (IGN, 2004). En las regresiones múltiples se habían incluido como variables adicionales tanto la altitud como diversas distancias a la costa en las direcciones de los flujos predominantes en las situaciones de lluvias para cada cuenca hidrográfica, por lo que estos campos incluyen abundante información geográfica relacionada con la precipitación además de la proporcionada directamente por las observaciones puntuales. Se emplearon dichos campos de precipitación para obtener campos en rejilla del parámetro de escala haciendo simplemente el cociente en cada punto de rejilla entre el campo de precipitación media y el campo del parámetro de forma interpolado previamente (Fig. 2).

Por último, el campo de probabilidad de precipitación nula se obtuvo por interpolación espacial de los datos de forma análoga al caso del parámetro de forma.

Tanto las interpolaciones espaciales del parámetro de forma y de la probabilidad de precipitación nula como la obtención del parámetro de escala mediante técnicas de álgebra de mapas se han realizado con los sistemas de información geográfica libres SAGA y gvSIG.

## 2. 4. Validación de la interpolación espacial

Para elegir el método de interpolación más adecuado y para tener alguna referencia aproximada del error cometido es conveniente reservar una parte de los datos y realizar las interpolaciones con el resto de datos, empleando los datos reservados para estimar el error cometido (CHAZARRA, 2005; VICENTE SERRANO et al., 2003; NINYEROLA et al., 2000)

Debido a la provisionalidad anteriormente mencionada de los datos, hasta el momento se han efectuado validaciones meramente orientativas, escogiendo algunos meses del año (uno por cada estación del año: enero, abril, julio y octubre) y probando con algunos métodos de interpolación de forma no exhaustiva: inversa de la distancia (IDW) con diferentes potencias, *thin plate spline* (TPS) con diferentes pesos para la regularización, *multilevel b-spline* (MBS), krigeado ordinario (KO) y krigeado universal (KU) con la altitud como campo de deriva.

Para la comparación de los resultados entre los diferentes métodos se han empleado la media de los errores absolutos (MEA), la raíz cuadrada del error absoluto medio (RECM) y el coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

MÉTODO	MEA	RECM	$R^2$
IDW (p = 2)	0.057	0.080	0.834
IDW (p = 3)	0.058	0.083	0.824
TPS (r = 0.1)	0.070	0.101	0.763
TPS (r = 0.001)	0.063	0.089	0.804
MBS	0.060	0.084	0.820
KO	0.057	0.080	0.835
KU	0.059	0.081	0.831

Tabla 1: VALIDACIÓN PROVISIONAL DE LA INTERPOLACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE PRECIPITACIÓN NULA EN JULIO

Los resultados indican poca diferencia en general entre los métodos analizados, resultando el krigeado ordinario y la inversa de la distancia (especialmente en el caso del parámetro de

forma empleando potencias bajas) los que presentan un mejor comportamiento (ver ejemplo en Tabla 1).

### 3. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos hasta el momento, aunque provisionales, parecen indicar un buen funcionamiento del modelo en desarrollo. Los campos en rejilla de los parámetros de escala y de forma y de la probabilidad de precipitación nula mensuales se han utilizado para calcular campos del percentil de la precipitación según la distribución gamma para los meses del otoño de 2007 y del invierno de 2008 con una resolución de 1 km, obteniéndose mapas de notable precisión y aspecto coherente (Fig.3).

Una vez se complete el proceso de depuración y de relleno de lagunas de la base de datos empleada se podrá realizar un análisis exhaustivo de la distribución espacial de los parámetros de la distribución gamma y una evaluación completa de los métodos de interpolación más adecuados para cada parámetro. Esperamos que los campos finales que se obtengan sirvan para realizar un seguimiento preciso del carácter de la precipitación mes a mes y que sean de utilidad para el análisis y la vigilancia del clima y para el estudio de períodos de sequía y de lluvias excepcionales.

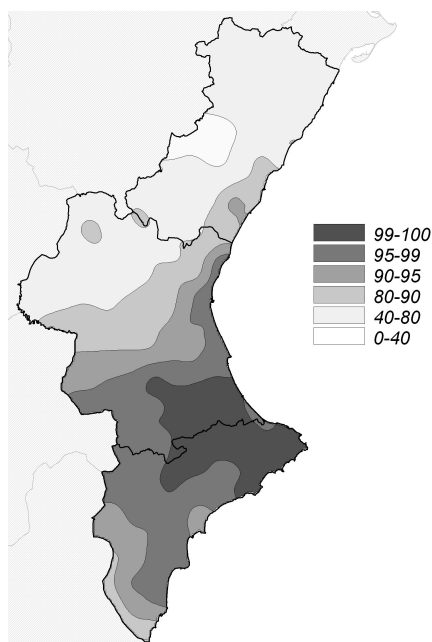


Fig. 3: Mapa de percentiles de la precipitación acumulada en octubre de 2007 en la Comunidad Valenciana obtenido por el procedimiento propuesto

#### 4. REFERENCIAS

- CHAZARRA, A (2005). *Interpolación espacial de la precipitación incluyendo una modelización de barreras montañosas*. 6º Encontro Luso-Espanhol de Meteorologia. Associacao Portuguesa de Meteorologia e Geofísica.
- IGN (2004). *Climatología. Atlas Nacional de España*. Sección II. Grupo 9. Ministerio de Fomento.
- NINYEROLA, M; PONS, X. y ROURE, J.M. (2000). *A methodological approach of climatological modelling of temperature and precipitation through GIS techniques*. International Journal of Climatology 20:1823-1841.
- THOM, H.C.S. (1966). *Some methods of climatological analysis*. Technical note nº 81, WMO nº 199. World Meteorological Organization.
- VICENTE SERRANO, S.M.; SAZ SÁNCHEZ M.A. y CUADRAT, J.M. (2003). *Comparative analysis of interpolation methods in the middle Ebro Valley (Spain): application to annual precipitation and temperature*. Climate Research 24: 161-180.